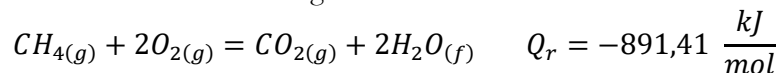


**Definíció:** Egy adott reakciót kísérő hőváltozást a **reakcióhővel** ( $Q_r$ ) jellemzünk. A reakcióhő megadja, hogy mekkora hőváltozás kíséri a reakcióegyenlet által feltüntetett minőségű és mennyiségű anyagok átalakulását.

**Mértékegysége:**  $\frac{kJ}{mol}$  A reakcióhőt mindig feltüntetjük a termokémiai egyenlet mellett.

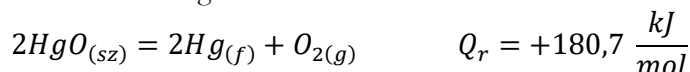
Ha a **reakcióhő értéke negatív, akkor exoterm** (energia felszabadulással járó, a rendszer szempontjából energialeadással járó) kémiai reakcióról beszélünk.

Legyen a példa egy exoterm reakcióra a metán égése:



Ha a **reakcióhő értéke pozitív, akkor endoterm** (energia elnyeléssel járó, a rendszer szempontjából energiafelvétellel járó) kémiai reakcióról beszélünk. Ilyenek általában a bomlások (HgO, KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O bomlása)

Legyen a példa egy endoterm reakcióra HgO bomlása:



A reakcióhő értéke függ attól is, hogy a reagáló anyagok és a termékek milyen halmazállapotúak, oldott formában vannak-e jelen, ill. melyik módosulatuk alakul át. Így a termokémiai egyenletekben mindig feltüntetjük az anyagok vegyjelei és képletei mellet azok állapotát is.

**A termokémia főtétele (Hess-tétel):** Ha egy reakció több módon is végbemehet, a részreakciókat kísérő energiaváltozások összege, azaz a **reakcióhő** független a részfolyamatok milyenségétől és sorrendjétől, **csak a kiindulási és a végállapottól függ.**

**A képződéshő** ( $Q_k$ ) annak a reakciónak a reakcióhője, amelyben egy vegyület **1 mólja** standard körülmények között stabilis állapotú elemeiből keletkezik. **Mértékegysége:**  $\frac{J}{mol}$  vagy  $\frac{kJ}{mol}$ .

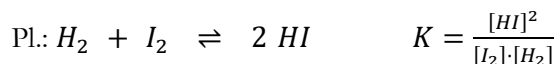
Az elemek standard állapotban stabilis módosulatának képződéshőjét – megállapodás szerint –zérusnak választották. A vegyületek képződéshő értékeinek a függvénytáblában tudunk utánanézni.

A Hess-tétel következménye, hogy a reakcióhőt nemcsak megmérni, hanem a képződéshőkből ki is lehet számítani: a termékek anyagmennyiségekkel (együtthatókkal) szorzott képződéshőinek összegéből kivonjuk a kiindulási anyagok anyagmennyiségekkel (együtthatókkal) szorzott képződéshőinek összegét.

$$Q_r = \sum Q_{\text{vég}} - \sum Q_{\text{ki}}$$

Amikor egy megfordítható folyamat ellentétes irányú reakciói azonos sebességgel mennek végbe, **kémiai egyensúly alakul** ki. Ilyenkor mind a termékek, mind a kiindulási anyagok megtalálhatók a rendszerben, s a koncentrációjuk változatlan, azaz szemmel láthatóan nem történik változás. Valójában állandó át- és visszaalakulás történik, csak egységnyi idő alatt ugyanannyi termék keletkezik, mint amennyi visszaalakul. Ezért a két ellentétes irányban egyenlő sebességgel végbemenő folyamat következményeként előálló egyensúlyi állapotot **dinamikus egyensúlyi állapot**nak nevezzük.

**A tömeghatás törvénye:** Egyensúlyban a termékek megfelelő hatványon vett egyensúlyi koncentrációinak szorzata, osztva a kiindulási anyagok megfelelő hatványon vett egyensúlyi koncentrációinak szorzatával, egy adott hőmérsékleten állandó érték ( $K$  : egyensúlyi állandó). Egyszerű reakciók esetében a koncentrációk hatványkitevői a reakcióegyenletben szereplő együtthatók.

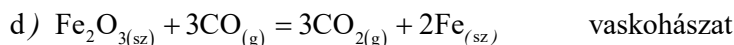
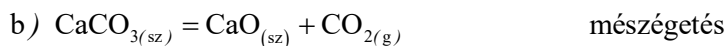
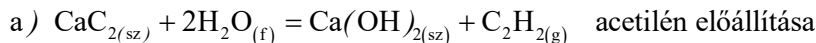


## A legkisebb kényszer elve (Le Chatelier–Braun-elv)

Egy dinamikus egyensúlyban levő kémiai rendszer megzavarásakor annak a folyamatnak lesz nagyobb a sebessége, amely a zavaró hatást csökkenteni igyekszik. A folyamat vége egy újabb egyensúlyi állapot.

### Feladatok:

1. A megadott képződéshőértékek és a Hess-tétel következménye segítségével számítsd ki az alábbi ismert reakciók reakcióhőjét. Írd mellé, exoterm vagy endoterm folyamatról van-e szó!



Szükséges képződéshő értékek: (Ha valami hiányzik, nézd meg a függvénytáblában!)

$$\text{CO}_{2(g)} = -394 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CO}_{(g)} = -110 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O}_{(f)} = -286 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CaCO}_{3(s)} = -1207 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)} = -986,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CaO}_{(sz)} = -635,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CaC}_{2(s)} = -63 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_{2(g)} = 227 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} = -822,2 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CH}_{4(g)} = -74,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_{4(g)} = 51,9 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_2\text{H}_{6(g)} = -84,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_3\text{H}_{8(g)} = -104 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C}_4\text{H}_{10(g)} = -126 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O}_{(g)} = -242 \text{ kJ/mol}$$

2. 1,00 kg szén-monoxid elégetésekor mekkora hő szabadul fel? (161. A)

Segítség:

- Írd fel a szén-monoxid égésének egyenletét! (Ha nem akarsz tört mólszámot használni, akkor szorozd be az egyenletet kettővel.)
- Számítsd ki a  $Q_r = \sum Q_{\text{vég}} - \sum Q_{\text{ki}}$  képlettel a folyamatot kísérő reakcióhőt!
- Ennyi hő szabadul fel 1 mol (azaz 28 g) CO elégetésekor. (Ha két mol CO-t égatsz el, akkor természetesen kétszer annyi hő szabadul fel.)
- Mennyi hő szabadul fel 1,00 kg CO elégetésekor?

3. 1,00 kg jég megolvasztáshoz elvileg mekkora térfogatú standardállapotú metángáz elégetéséből származó hő szükséges, ha tudjuk:  $\text{H}_2\text{O}_{(sz)} = \text{H}_2\text{O}_{(f)}$   $Q = +6,03 \text{ kJ/mol}$  (165.B)

Segítség:

- 1 mol (azaz 18 g) jég olvasztásához 6,03 kJ hő kell.
- 1 kg jéghez mennyi?
- Írd fel a metán égésének egyenletét!
- Számítsd ki a  $Q_r = \sum Q_{\text{vég}} - \sum Q_{\text{ki}}$  képlettel a folyamatot kísérő reakcióhőt!
- Ennyi hő szabadul fel 1 mol (azaz 16 g)  $\text{CH}_4$  elégetésekor.
- Mennyit égessünk el, hogy az előbb kiszámolt hőmennyiséget elő tudjuk állítani?

4. Egy propán-bután gázelegy hidrogénre vonatkoztatott relatív sűrűsége 23,75. Számítsd ki, mekkora hő szabadul fel a gázelegy standardállapotú 1,000 m<sup>3</sup>-nek tökéletes elégetésekor, miközben vízgőz(!) keletkezik.

Segítség: (439.A)

$$\rho_{\text{rel}} = \frac{\rho_{\text{gázelegy}}}{\rho_{\text{H}_2}} = \frac{\frac{\overline{M}_{\text{gázelegy}}}{V_{\text{moláris gázelegy}}}}{\frac{M_{\text{H}_2}}{V_{\text{moláris H}_2}}} = \left( \text{mivel } V_{1 \text{ mol gázelegy}} \stackrel{\text{Avogadro}}{=} V_{1 \text{ mol H}_2} \right) = \frac{\overline{M}_{\text{gázelegy}}}{M_{\text{H}_2}}$$

$$\rho_{\text{rel}} = 23,75 = \frac{\overline{M}_{\text{átlagos}}}{M_{\text{H}_2}} = \frac{\overline{M}_{\text{átlagos}}}{2} \Rightarrow \overline{M}_{\text{átlagos}} = 47,5 \text{ g/mol}$$

- Vegyél 1 mol gázelegyet, abból x mol propán, (1-x) mol bután. Írj egyenletet, melyből kiszámítod a gázelegy térfogatszázalékos összetételét. **75 tf% propán, 25 tf% bután**
- Írd fel mindkét gáz égésének egyenletét, és számítsd ki a folyamatokat kísérő reakcióhőket. Vigyázz, mert gáz halmazállapotú víz keletkezik! Ez kíséri 1-1-mol propán ill. bután égését!
- A tf%-os összetétel alapján számítsd ki hány mol standardállapotú propán (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) ill. bután van a rendszerben, és számítsd ki ezután azt, hogy mennyi hő kíséri az égésüket. A kettő összege a megoldás: **89775 kJ**

5. Az A anyag 4,0 mol/dm<sup>3</sup> kiindulási koncentrációt alkalmazva adott hőmérsékleten (T) az alábbi egyenlet szerint disszociál.  $A \rightleftharpoons B + C$  Zárt, állandó térfogatú edényben az egyensúlyi gázelegyben a három komponens azonos koncentrációban van jelen. Hány %-os volt az A anyag disszociációja, és mekkora az egyensúlyi állandó? (180.A)

Segítség:

- Készíts táblázatot: Legyen 1 dm<sup>3</sup>-es a tartály, a koncentrációk egyben molszámok is. Az átalakulás sorát az egyenlet alapján töltsd: mivel az összes együttható 1, az átalakulás sorában egyformák az ismeretlenek.

	A	B	C
kiindulási állapot	4	---	---
átalakulás	-x	+x	+x
egyensúlyi állapot	4-x	x	x

- Mivel 4-x=x, ebből x=2 mol azaz minden anyag egyensúlyi koncentrációja 2 mol/dm<sup>3</sup>.
- Számíts K-t, a tömeghatás törvénye alapján. *Megoldás: K=2, az A anyag átalakulása 50%-os*

6. Az A anyagból 1 mol/dm<sup>3</sup> kiindulási koncentrációt alkalmazva adott hőmérsékleten (T) az alábbi egyenlet szerint disszociál:  $A \rightleftharpoons B + 3 C$  Az egyensúlyi gázelegyben az A koncentrációja háromszor több, mint a C koncentrációja. Milyenek az egyensúlyi koncentrációk, és hány %-os az A anyag disszociációja? Mekkora a K?

Megoldás:  $[A]_e = 0,9 \text{ mol/dm}^3$      $[B]_e = 0,1 \text{ mol/dm}^3$      $[C]_e = 0,3 \text{ mol/dm}^3$   
 $K = 3 \cdot 10^{-3}$                       10% disszociál

7. Tekintsük az alábbi, egyensúlyra vezető folyamatot:  $CO_{(g)} + 2 H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$

Egy 50 dm<sup>3</sup>-es (!) tartályba 1 mol CO-t és 4 mol H<sub>2</sub>-t töltve, T hőmérsékleten egyensúlyig a szén-monoxid 20%-a alakul át.

- Hány %-os a hidrogén átalakulása? (10 %-os)
- Mekkorák az egyensúlyi koncentrációk? (CO=0,016 mol/dm<sup>3</sup>, H<sub>2</sub>=0,072 mol/dm<sup>3</sup>, CH<sub>3</sub>OH=0,004 mol/dm<sup>3</sup>)
- Mekkora az egyensúlyi állandó? (K=48,22)

Segítség:

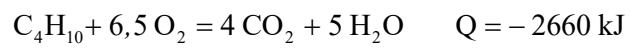
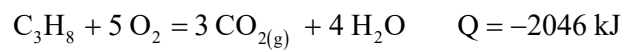
- Vigyázz a tartály 50 dm<sup>3</sup>-es a kiindulási molszám még NEM koncentráció! (1/50 és 4/50 mol/dm<sup>3</sup> kiindulási koncentrációk adóttak.)
- Az átalakulás sorát a táblázatban mindig az EGYENLET alapján töltsd ki!
- Az egyensúlyi molszámok/koncentrációk a kiindulási anyagok esetén csökkennek, a termékek esetében nőnek!

8. Töltsd ki az alábbi táblázatot! Megfelelő irányú nyíllal jelöld, hogy a beavatkozás milyen irányba tolja el az egyensúlyt! Ha nem okoz változást, akkor „–” jelet tegyél!

	$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $Q_r = -92 \frac{kJ}{mol}$	$CH_{4(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + 3H_{2(g)}$ $Q_r = +206 \frac{kJ}{mol}$
p növelése		
T csökkentése		
H <sub>2</sub> koncentráció növelése		
CO koncentráció csökkentése		

$$x \cdot 44 + (1 - x) \cdot 58 = 47,5$$

$$x = 0,75$$



$$1 - x = 9x$$

$$x = 0,1$$

$$K = \frac{0,004}{0,072^2 \cdot 0,016} \approx 48,22$$